

滨湖水榭花城中城转换层施工技术

王杰¹ 周橙军² 张志红³

1. 湖南博联检测集团有限责任公司 湖南 415000;

2. 湖南泓锦建设有限公司 湖南 415000; 3. 湖南猎豹建设集团有限公司 湖南 415000

DOI:10.12238/ems.v7i7.14212

[摘要] 滨湖水榭花城中城总建筑面积 77669m²; 建筑总高度为 108.60m。1-3 层为商业用房, 四层为转换层, 转换层以上均为住宅。转换层结构自重大, 是本大楼施工的关键, 最大梁为 900×2400, 施工难度大, 为了有效的解决支撑困难, 同时也是为了解决水化热的影响, 决定对转换层梁采取分层叠合浇筑施工工艺。由于本工程转换层下部为大开间, 上部为小开间住宅, 住宅进深尺寸多样化, 造成了转换层主次梁跨度多样化, 梁的截面繁多, 为保证第一次初浇梁在一定龄期后能有效地承受上部的施工荷载及梁自重, 根据本工程的具体情况, 决定采取两次叠浇施工。

[关键词] 商住高层; 转换层; 分层叠合浇筑法; 施工缝; 自承重; 水化热; 抗裂

前些年房地产高速发展时期, 全国各地的高层商住楼快速发展, 空间布局的变化, 大都设计转换层。本工程转换层采用常规支模方式支撑系统投入大, 不经济且风险大。我们采用转换层梁分层叠合浇筑法的施工工艺, 降低了支模难度, 在降低支模架安全风险的同时确保了转换层的质量。

1. 工程概况

滨湖水榭花城中城, 位于常德市朗州路与洞庭大道交叉口东南, 总建筑面积 77669m², 其中地下建筑面积 11080m², 地上建筑面积 66589m², 建筑层数为三十层。建筑物总高度 108.60m, 建筑结构形式为框支剪结构。地下室一层层高 5.0m, 一~三层层高 5.4m, 为商业用房, 四层层高 5.1m, 为设备转换层, 五~三十层层高除第五层为 3.3m, 其余均为 3.0m。

本工程结构转换层为第五层楼面, 结构标高 21.270 m。梁截面尺寸大, 最大为 900×2400, 其次为 900×2100、800×1800、700×1800、600×1800、600×1200; 板厚: 200mm, 层高为 5.1 m, 砼强度等级为 C50。

2. 施工工艺

2.1 转换层梁、板施工特点:

转换层层高较高, 结构自重大; 钢筋量大, 排列密集; 砼体积大, 约 2480M³, 结构防裂要求严格。尤其转换层抗裂要求较高, 砼施工中不得出现垂直冷缝, 同时也是为了解决水化热的影响, 决定对转换层梁采取斜面分层法浇筑, 结合分层叠合浇筑法分两次浇筑到顶。

2.2 方案比选

2.2.1 方案一: 采取斜面分层法一次浇筑到顶。问题: 大体积混凝土转换层需采取措施控制水化热, 减少温度收缩

裂缝; 支模系统承载要求高, 周转材投入增加, 有一定风险; 一次浇筑到顶, 砼浇筑质量不好保证。好处: 施工速度快, 整体刚度好。

2.2.2 方案二: 采取斜面分层法浇筑, 结合分层叠合浇筑法分两次浇筑到顶。问题: 施工速度比一次性浇筑慢 15 天左右; 水平施工缝要采取措施保证整体刚度。好处: 大体积混凝土体积减少降低水化热, 更好控制温度收缩裂缝; 支模系统承载要求更好保证, 周转材投入减少, 降低了安全风险; 分次浇筑, 砼浇筑质量更好保证。

经综合考虑, 公司决定采用分层叠合浇筑法施工。

2.3 分层原则

将转换层梁分 2 次浇筑成型, 首次浇筑部分在达到设计强度后承担后续施工荷载, 形成“二阶段受力叠合构件”, 分层后重新验算叠合面抗剪承载力, 通过增设抗剪钢筋和界面凿毛等提升整体性, 避免应力集中导致开裂。根据结构尺寸和混凝土水化热控制要求, 将转换层分为 2 次浇筑, 斜面分层间隔时间不超过混凝土初凝期。水平施工缝要兼顾转换层主次梁, 避开结构应力集中区域, 尽量靠近主梁的中性轴。本项目水平施工缝设在距板顶 600mm 位置。

2.4 水平施工缝处理

表层浮浆清理, 间距 300mm 预埋竖向插筋, 砼接近初凝前, 用振捣棒在顶部间距 500mm 设凹坑, 保证上下层结构可靠传递剪应力, 保证整体刚度。砼终凝后, 水平缝表面需凿毛露出粗骨料、高压水枪清理浮浆。二次浇筑前洒水水泥净浆或铺设同配比砂浆, 确保界面粘结强度≥1.5MPa 并涂刷界面剂增强粘结力。

2.5 模板支撑系统设计

采用荷载传递法支模体系: 通过加密立杆, 增设斜撑及铺设底部木方分散荷载, 支撑系统需与下层楼板形成整体传力结构, 验算转换层下方楼板承载力。

第一次捣平楼面以下负 0.6m 的标高, 待梁达到设计强度后, 放松支撑, 随即紧固支撑, 使已浇捣的梁处于后承重状态, 梁的钢筋除上部少量腰筋及负筋第二次绑扎外, 其它一次绑扎成形, 在第二次浇捣前应整理钢筋, 补扎腰筋和负筋, 清洗结合面。

第二次叠浇梁只将侧模往上增高, 不另设竖向支撑。深梁依靠下部自承重, 其它梁板模板靠近深梁部位尽量支撑在深梁侧模之上, 中间部位补充适量竖向支撑直接支撑于四层楼面。

在砼叠合面布置适量的联接钢筋, 以增强抗剪能力, 横向每 300mm 宽插一根 $\Phi 22 \sim \Phi 25$ 的短钢筋, 上下各 300mm, 沿梁长间距 500mm 布置。

为缩短工艺间歇时间, 梁砼强度等级提高到 C55 配制, 并加早强减水剂, 争取 10 天左右砼强度达到设计强度 C50, 按此强度能满足承担以后楼层叠浇施工荷重。

在转换层施工阶段, 特别是第一次浇捣时对下楼层的支撑体系有以下要求, 第 3 层模板不拆除, 第 2 层梁下加硬支撑点, 使净跨小于 4mm, 板下加支撑带使其净跨小于等于 2m。

支模加固措施: 模板安装后需设对拉螺栓及钢背楞, 防止胀模; 接缝处模板要压缝, 确保接缝平直度; 支撑体系与已浇筑结构通过设钢管斜撑形成空间稳定体系, 减少施工阶段变形。

2.6 叠浇计算:

深梁采取叠浇后第一次浇灌的梁无上部负筋。因此只按简支梁进行强度验算, 简支梁的下部钢筋较多, 有可能是超筋结构, 验算时按适筋状态的钢筋数量考虑, 同样截面尺寸的梁, 选择底部钢筋少, 跨度大的进行验算, 验算取砼强度等级 C40。计算示例。

取 $f_c=19.5N/mm^2$, $f_y=360N/mm^2$ 。

2.6.1、第一步验算第一次浇捣梁是否超筋并确定可取钢筋计算面积。

按相对界限受压区 ξb 计算 A_s , $\xi b=0.528$

600×1800 第一次浇筑高度为 1200mm

$$A_{S1}=0.528 \times (19.5/360) \times 600 \times 1120=19219.2 \text{ mm}^2 > 17693.45 \text{ mm}^2 \quad (22 \Phi 32)$$

适筋, 取 $A_S=17693.45mm^2$ (22 $\Phi 32$)

2.6.2、叠浇验算

荷载: 模板、钢筋等取 $g_1 \quad 12KN/m$

已浇砼自重 $g_2 \quad 0.6 \times 1.2 \times 24 \times 1.3=22.46KN/m$

二次新捣梁自重: $g_3 \quad 0.6 \times 0.4 \times 24 \times 1.3=7.48KN/m$

二次新捣板: $g_4 \quad 1.3 \times (24 \times 0.2+1.1 \times 0.2+0.3) + 1.5 \times 2.5=10.67kN/m^2$

二次浇捣时下部梁的作用:

$$M_{max}=(12+22.46+7.48+10.67 \times 4.2) \times 6.3 \times 6.3 \times 0.125 =430.4KN-M$$

$$V_{max}=(12+22.46+7.48+10.67 \times 4.2) \times 6.3 \times 0.5 =273.3KN$$

$$[M]=17693.45 \times 360 \times 1120 \times 0.8$$

$$=5707199232N-mm=5707KN-m > M_{max}$$

$$V_c=0.07f_c \cdot b \cdot h_0=0.07 \times 19.5 \times 600 \times 1120=917.3KN > V_{max}$$

验算可行。

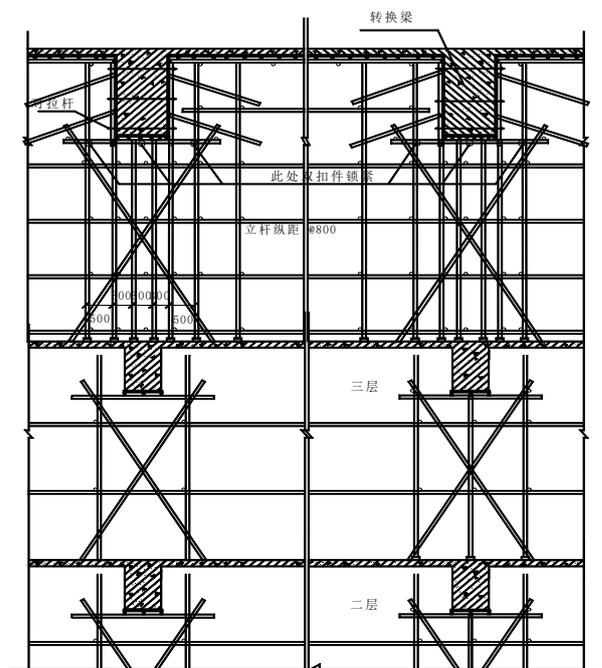
2.7 操作方法及施工要点

2.7.1 施工顺序:

放线→确定立杆位置→铺槽钢、搭支撑架→柱子施工→铺梁底模→梁柱钢筋就位、支梁下部侧模→浇筑第一次砼→水平施工缝处理、梁上部钢筋绑扎、固定、梁底支撑受力转换、上部梁板支模、扎筋→第二次砼浇筑。

2.7.2 梁模板的支设要求

本工程梁板模采用满堂架散拼散拆。为了防止大梁在浇筑砼时向一侧倾斜, 采用水平钢管和斜撑钢管加固。梁底模板支撑系统如下图:



梁底模板采用 18mm 厚竹胶合板,起拱高度为跨度的千分之三;梁侧面预留清扫口。转换层大梁梁底下有 6 排立柱钢管 $\Phi 48 \times 3.5 @ 500$,纵距为 800,水平杆步距为 1200~1500mm,为了确保大梁的稳定性,大梁支架设置纵向与横向剪刀撑。

三层楼面上所有支模钢管不能拆除,在二层楼面大梁部位,模板的支承体系不拆除,顶住三层楼面大梁。

2.7.4 拆模

由于转换层大梁自重大,跨度大,须待混凝土强度达到 100%后方可拆除底模与支撑,再拆除四层楼面的支撑与下一层的支撑。

3. 混凝土浇筑与温控

分层浇筑顺序,按“先深后浅、先梁后板”原则,砼从 6 轴往 22 轴进行浇筑,即 2 台泵同时由东往西进行浇筑。采用分层推移法,每层厚度 $\leq 500\text{mm}$,减少冷缝风险。混凝土入模温度控制在 30°C 以下,相邻浇筑段高差 $\leq 1\text{m}$,振捣棒插入下层混凝土 $\geq 50\text{mm}$ 。

温度裂缝防控,内外温差控制在 25°C 以内。表面采用覆盖保湿膜,养护周期 ≥ 14 天。大梁砼浇筑时派专人配合预埋测温管,本项目测温管的长度分别为 1.9m、1.3m、0.7m 三种规格,分别埋在梁底以上 60cm、120cm、180cm,梁面留出 10cm,测温管采用 $\Phi 32$ 薄壁钢管,管下端用铁板封堵严,上口用胶带包好,防止砼和水进入。根据设计平面图,测温点设置五组,共 15 个点。预埋时测温管应与钢筋焊牢,以免位移或损坏,测温管上口涂红色油漆,便于查找。测温工作连续进行,每四小时测一次,持续测温 14 天,等砼强度达到设计强度 85%,并经技术部门同意后方可停止测温,配备专门测温人员,按时测温,并填好测温记录。混凝土测温工作:核心区大体积砼应控制内外温差,不超过 25°C 。测温结果及时反馈,如发现内外温差超过 20°C 及时采取措施。组织人力加厚草包。

4. 施工验算与监测

承载力验算:需对转换层及下部楼板进行施工阶段验算,确保支撑系统承载力满足要求。

实时监测首次浇筑构件的竖向变形及应力变化,防止叠

合面滑移;采用光纤传感器或应变片监测关键节点,数据异常时启动应急支撑预案。浇筑过程中监测模板沉降,允许偏差 $\leq 3\text{mm}$,允许挠度 $\leq L/400$ 。立杆轴力及混凝土温度变化,发现异常时启动应急加固预案。砼浇筑期间,由富有经验的管理人员带领十名木工值守支撑系统,随时观察模板及其支撑系统的变形情况,出现异常情况,马上采取加固措施。

5. 结语

转换层梁分层叠合浇筑法的施工工艺,通过合理分层、强化支撑体系及精细化接缝处理,降低了支模难度,保证了支撑系统有足够的强度、刚度和可靠的稳定性,在降低支架安全风险的同时确保了转换层的质量,对类似的大截面梁施工有借鉴作用,可有效解决大体积混凝土转换层施工难题。采用此施工工艺的前提是设计单位对水平施工缝验算认可。关键是要合理分层、保证水平施工缝的处理质量和加强施工监测及时采取对应措施。常德采用此施工工艺的工程有紫云天大厦、万业城、阳光鑫都 11#楼等。

问题探讨:分层浇捣时第一次捣制的梁的作用产生的内力值相对其强度来说是较低的,因此挠度亦较小,相对来说在梁端上部裂缝即使有也不会超出允许范围。后浇砼对微裂缝有封闭作用;即使残存有微裂缝,其宽度与所在部位对构件强度无损,对耐久性亦无损。

技术创新方向:智能化监控,结合高精度传感器与 AI 算法,实时分析模板变形等数据,实现风险预警,如位移超限自动报警;采用有限元软件模拟分层浇筑过程,分析支撑体系应力分布及变形值。材料优化,探索 UHPC(超高性能混凝土)在首次浇筑中的应用,提升早期强度至 3 天 $\geq 40\text{MPa}$,缩短工序间隔。

[参考文献]

- [1]《建筑施工模板安全技术规范》JGJ162-2008
- [2]《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2011
- [3]《混凝土结构设计规范》GB50010-2010(2015年版)
- [4]《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012
- [5]《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068-2018
- [6]《建筑施工临时支撑结构技术规范》(JGJ300-2013)